

06.7.2004

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

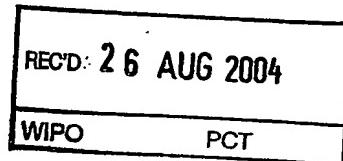
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出願年月日  
Date of Application: 2003年 6月 2日

出願番号  
Application Number: 特願 2003-157029  
[ST. 10/C]: [JP 2003-157029]

出願人  
Applicant(s): 光洋精工株式会社  
株式会社神戸製鋼所



PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 8月 12日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小川

洋

【書類名】 特許願  
【整理番号】 105851  
【提出日】 平成15年 6月 2日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 B62D 3/12  
F16H 55/26  
B62D 5/04  
【発明者】  
【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区南船場三丁目 5番 8号 光洋精工株式会社内  
【氏名】 亀井 亮  
【発明者】  
【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区南船場三丁目 5番 8号 光洋精工株式会社内  
【氏名】 渡邊 和宏  
【発明者】  
【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区南船場三丁目 5番 8号 光洋精工株式会社内  
【氏名】 金池 幸倫  
【発明者】  
【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区南船場三丁目 5番 8号 光洋精工株式会社内  
【氏名】 塚本 修  
【発明者】  
【住所又は居所】 兵庫県神戸市灘区灘浜東町 2番地 株式会社神戸製鋼所  
神戸製鉄所内  
【氏名】 阿南 吾郎

**【発明者】**

**【住所又は居所】** 兵庫県神戸市灘区灘浜東町 2 番地 株式会社神戸製鋼所  
神戸製鉄所内

**【氏名】** 池田 正一

**【発明者】**

**【住所又は居所】** 兵庫県神戸市灘区灘浜東町 2 番地 株式会社神戸製鋼所  
神戸製鉄所内

**【氏名】** 井戸尻 弘

**【特許出願人】**

**【識別番号】** 000001247

**【住所又は居所】** 大阪府大阪市中央区南船場三丁目 5 番 8 号

**【氏名又は名称】** 光洋精工株式会社

**【特許出願人】**

**【識別番号】** 000001199

**【住所又は居所】** 兵庫県神戸市中央区脇浜町 1 丁目 3 番 18 号

**【氏名又は名称】** 株式会社神戸製鋼所

**【代理人】**

**【識別番号】** 100087701

**【弁理士】**

**【氏名又は名称】** 稲岡 耕作

**【選任した代理人】**

**【識別番号】** 100101328

**【弁理士】**

**【氏名又は名称】** 川崎 実夫

**【手数料の表示】**

**【予納台帳番号】** 011028

**【納付金額】** 21,000円

**【提出物件の目録】**

**【物件名】** 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9811014

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ラックバー並びにこれを用いるステアリング装置及び電動パワーステアリング装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】

焼入れおよび焼戻しが施された鋼を用いて形成された直径Dの丸棒状の本体と、この本体の周面の一部に設けられた平坦部と、この平坦部に設けられ複数のラック歯が形成されたラック歯形成部とを備えるラックバーにおいて、

上記鋼の炭素含有量が0.50～0.60質量%であり、

少なくともラック歯形成部に高周波焼入および焼戻しが施された硬化層が設けられ、

ラック歯形成部の表面硬さがビッカース硬さで680～800HVであり、

ラック歯形成部の背面部の表面からの深さが(3/4)Dの部分で、焼戻しベイナイト組織と焼戻しマルテンサイト組織の合計の面積百分率が30～100%であって、再生パーライト組織が面積百分率で0～50%であり、且つ焼戻しベイナイト組織、焼戻しマルテンサイト組織および再生パーライト組織の合計の面積百分率が50～100%であることを特徴とするラックバー。

【請求項2】

請求項1において、上記鋼のボロン含有量が5～30ppmであることを特徴とするラックバー。

【請求項3】

請求項1又は2において、上記ラック歯形成部の歯底部における硬化層の有効深さが歯底部の表面から0.1～1.5mmであることを特徴とするラックバー。

【請求項4】

請求項1、2又は3に係るラックバーを用いることを特徴とするステアリング装置。

【請求項5】

請求項1、2又は3に係るラックバーを用いることを特徴とする電動パワース

テアリング装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、自動車のステアリング用のラックバー、並びにこれを用いるステアリング装置および電動パワーステアリング装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

自動車用のステアリング用のラックバーに要求される最も重要な特性は、静的または動的に過大な負荷が作用した場合にも脆的に破損しないことであり、過大負荷が作用しても曲がり変形を生ずる（曲げ変形能）ことによって、部品が完全には破断分離しないことが要求されている。

現在のラックバーの製造は、圧延鋼材→焼入れ焼もどし処理→機械加工→高周波焼入れ焼もどし処理→仕上げ加工の工程が適用されている。上記のような脆性的な破壊を極力回避するために、圧延鋼材を直接加工・高周波焼入れ処理せず、焼入れ焼もどし処理を行うことによって素材の韌性を向上させ、その後、その部品加工と高周波焼入れ処理を施すことによって脆的な破壊を防止している。

【0003】

従来、ラックバー用の鋼材において、製造コストの低減を図るために、焼入れ焼もどし処理を省略しつつ脆的な破壊を防止しようとする試みがなされている（特許文献1）。

【0004】

【特許文献1】

特開平10-8189号公報

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

近年、電動パワーステアリング装置が、油圧式パワーステアリング装置と比較して燃費を3～5%向上できることから、小型車を中心として普及してきている。

しかしながら、電動パワーステアリング装置では、自動車の左右方向に延在する転舵軸としてのラックバーとピニオンとの噛み合い部分に作用する応力が、油圧式パワーステアリング装置と比較して、大幅に（例えば6～10倍に）高くなる。

#### 【0006】

一方で、部品を共通化して量産効果によるコストダウンを図るために、電動パワーステアリング装置においても、油圧式パワーステアリング装置で用いているラックバーと共通の仕様のラックバーが用いられている。このため、高応力が作用する中型車以上では、ラックバーの耐摩耗性や強度（疲労強度を含む）の点で不利となり、その結果、電動パワーステアリング装置の採用は小型車中心にとどまっている。

#### 【0007】

焼入れ焼戻しを省略する特許文献1のラックバーでは、曲げ変形能のための韌性が不足するという欠点がある。

一方、通常の焼入れや焼戻しを施す場合には、焼戻し時間が長く、製造コストが高いという問題がある。

本発明は上記課題に鑑みてなされたものであり、安価で曲げ変形能に優れたラックバー、ステアリング装置および電動パワーステアリング装置を提供することを目的とする。

#### 【0008】

##### 【課題を解決するための手段及び発明の効果】

上記目的を達成するため、本発明は、焼入れおよび焼戻しが施された鋼を用いて形成された直径Dの丸棒状の本体と、この本体の周面の一部に設けられた平坦部と、この平坦部に設けられ複数のラック歯が形成されたラック歯形成部とを備えるラックバーにおいて、上記鋼の炭素含有量が0.50～0.60質量%であり、少なくともラック歯形成部に高周波焼入および焼戻しが施された硬化層が設けられ、ラック歯形成部の表面硬さがビッカース硬さで680～800HVであり、ラック歯形成部の背部の表面からの深さが(3/4)Dの部分で、焼戻しペイナイト組織と焼戻しマルテンサイト組織の合計の面積百分率が30～100

%であって、再生パーライト組織が面積百分率で0～50%であり、且つ焼戻しペイナイト組織、焼戻しマルテンサイト組織および再生パーライト組織の合計の面積百分率が50～100%であることを特徴とするラックバーを提供するものである。

#### 【0009】

通例、ラック歯は深さD/4程度に形成されるので、ラック歯形成部の背面部の表面からの深さが(3/4)Dの部分(以下、単に「(3/4)D部」ともいう。)は、焼入れされた部分と焼入れされなかった部分との概ね境界にあたる。万一、大荷重を受けたラックバーが過大な曲げ変形を生じてその一部にクラックが生じたとしても、上記の(3/4)D部に少なくとも30%の面積百分率で残存している焼戻しペイナイト組織と焼戻しマルテンサイト組織がクラックの伝搬を防止することで、ラックバーが割れて2分割するような破損を防止することができる。また、上記の(3/4)D部で再生パーライト組織の面積百分率を50%以下とするのは、靭性を低下させないためである。

#### 【0010】

炭素(C)含有量が0.50～0.60質量%の鋼に焼入れを施すことにより、ラックバーとして必要な硬さと靭性が付与される。すなわち、炭素含有量を0.50質量%以上とすることで、高周波焼入れによってラック歯の耐摩耗性を高めることができる一方、炭素含有量が0.60質量%を超えると、ラックバーの耐衝撃性が低下し、また、高周波焼入れ時に焼割れを生じ易くなるので、炭素含有量を0.50～0.60質量%の範囲に設定した。

#### 【0011】

また、ラック歯形成部の表面硬さを680～800HVに限定したのは下記の理由による。すなわち、680HV未満であると、ラック歯形成部の表面硬さが十分でなくなり、曲げ疲労に対する疲労限界が低くなる一方、800HVを超えると、表層部の靭性が低下し、静的負荷あるいは準静的負荷に対する曲げ強度が不足するからである。そこで、ラック歯形成部の表面硬さを680～800HVとすることで、曲げ疲労に対する疲労限界を高くすると共に静的又は準静的負荷に対する十分な曲げ強度を確保するようにした。

**【0012】**

また、上記鋼のボロン含有量が5～30 ppmであれば好ましい。このような微量のボロンの添加により、高周波焼入れ性を向上させることができる。すなわち、高周波焼入れされた部分の粒界を強化することができ、靭性を増加させて曲げ変形能（耐割れ性）を格段に向上させることができる。このような効果を得るためにボロン含有量としては、少なくとも5 ppm以上必要である一方、30 ppmを超えるボロンを含有させても、その効果が飽和するので、5～30 ppmの範囲に設定することが好ましい。

**【0013】**

また、上記ラック歯形成部の歯底部における硬化層の有効深さ（有効硬化層深さに相当）が歯底部の表面から0.1～1.5 mmであれば好ましい。有効深さが1.5 mmを超える場合には、高い衝撃を受けたときに、ラックバーの長手方向の中間部の1箇所で局部的に屈曲して「く」の字状に曲がる傾向にあり、その結果、ラックバー上をピニオンが移動できなくなるおそれがある。一方、有効深さが0.1 mm未満では、ラック歯の歯元付近の曲げ強度が不足するおそれがある。そこで、有効深さを0.1～1.5 mmの範囲とすることで、歯元曲げ強度を確保しつつ大荷重負荷時にラックバー全体が緩やかに曲がるようにし、非常時のステアリング性能を確保することが可能となる。さらに好ましい有効深さは、0.3～1.2 mmである。

**【0014】**

上記のラックバーであれば、ステアリング装置に好適に用いることができ、さらには、電動パワーステアリング装置に好適に用いることができる。

**【0015】****【発明の実施の形態】**

本発明の好ましい態様を添付図面を参照しつつ説明する。

図1は本発明の一実施の形態のステアリングラックが用いられる電動パワーステアリング装置の概略構成を示す模式図である。図1を参照して、電動パワーステアリング装置（E P S : Electric Power Steering System）1は、ステアリングホイール等の操舵部材2に連結しているステアリングシャフト3と、ステアリ

ングシャフト3に自在継手4を介して連結される中間軸5と、中間軸5に自在継手6を介して連結されるピニオン軸7と、ピニオン軸7の先端部に設けられたピニオン7aに噛み合うラック歯8aを有して自動車の左右方向に延びる転舵軸としてのラックバー8とを有している。

#### 【0016】

ラックバー8は車体に固定されるハウジング17内に図示しない複数の軸受を介して直線往復動自在に支持されている。ラックバー8の両端部はハウジング17の両側へ突出し、各端部にはそれぞれタイロッド9が結合されている。各タイロッド9は対応するナックルアーム（図示せず）を介して対応する操向用の車輪10に連結されている。

操舵部材2が操作されてステアリングシャフト3が回転されると、この回転がピニオン7aおよびラック歯8aによって、自動車の左右方向に沿ってのラックバー8の直線運動に変換される。これにより、操向用の車輪10の転舵が達成される。

#### 【0017】

ステアリングシャフト3は、操舵部材2に連なる入力軸3aと、ピニオン軸7に連なる出力軸3bとに分割されており、これら入、出力軸3a, 3bはトーションバー11を介して同一の軸線上で相対回転可能に互いに連結されている。

トーションバー11を介する入、出力軸3a, 3b間の相対回転変位量により操舵トルクを検出するトルクセンサ12が設けられており、このトルクセンサ12のトルク検出結果は、ECU (Electric Control Unit : 電子制御ユニット) 13に与えられる。ECU13では、トルク検出結果や図示しない車速センサから与えられる車速検出結果等に基づいて、駆動回路14を介して操舵補助用の電動モータ15への印加電圧を制御する。電動モータ15の出力回転が減速機構16を介して減速されて、出力軸3b、中間軸5を介してピニオン軸7に伝達され、ラックバー8の直線運動に変換されて、操舵が補助される。

#### 【0018】

減速機構としては、電動モータ15の図示しない回転軸に一体回転可能に連結されるウォーム軸等の小歯車16aと、この小歯車16aに噛み合うと共に出力

軸16bに一体回転可能に連結されるウォームホイール等の大歯車16bとを備えるギヤ機構を例示することができる。

図2(a)はラックバー8の部分断面側面図であり、図2(b)は図2(a)のb-b線に沿う断面図である。ラックバー8は、直径Dの丸棒状の本体20と、この本体20の周面20aの一部に設けられた平坦部21と、この平坦部21に設けられラック歯形成部22とを備える。

#### 【0019】

平坦部21は、本体20の軸線23に平行に所定長さで延び所定幅を有している。ラック歯形成部22は、複数設けられる上記のラック歯8aと、隣接するラック歯8a間に設けられる歯底部24とを含む。

上記本体20は、後述する高周波焼入れおよび短時間焼戻しが施された棒鋼を用いて形成される。本体20を形成する鋼の炭素含有量は0.50～0.60質量%である。炭素含有量を0.50質量%とするのは、鋼材に後述する高周波焼入れを施すことにより、ラック歯8aの耐摩耗性を高めるためである。ただし、炭素含有量が0.60質量%を超えると、ラックバー8の耐衝撃特性が低下し、また、高周波熱処理時に焼割れを生じ易くなる。そのために、炭素含有量は、0.60質量%以下、好ましくは0.56質量%以下にする。

#### 【0020】

また、本体20を構成する上記の鋼には、ボロン(B)が5～30ppm含有されていることが好ましい。5ppm以上のボロンの添加により高周波焼入れされた部分の粒界を強化し、靭性を増加させて曲げ変形能(耐割れ性)を格段に向上させることができ一方、30ppmを超えるボロンを含有させても、その効果が飽和するので、5～30ppmの範囲に設定されることが好ましい。

鋼の他の成分としては、Si含有量0.05～0.5質量%、Mn含有量0.2～1.5質量%、S含有量0.06質量%以下、Cr含有量1.5質量%以下(0質量%を含まず)を含有し、残部はFeおよび不可避的不純物である。

#### 【0021】

ラックバー8の少なくともラック歯形成部22には、ラック歯8a形成後に施された高周波焼入および焼戻しによって硬化層25が設けられている。ラック歯

形成部22の表面硬さがピッカース硬さで680～800HVに設定されている。680HV未満であると、ラック歯形成部22の表面硬さが十分でなくなり、曲げ疲労に対する疲労限界が低くなる一方、800HVを超えると、表層部の韌性が低下し、静的負荷あるいは準静的負荷に対する曲げ強度が不足するからである。

### 【0022】

また、ラック歯形成部22において、ラック歯8a間の歯底部24での硬化層25の有効深さdは、歯底部24の表面から0.1～1.5mmの範囲にあることが好ましい。ここで、硬化層25の有効深さdは、表面から450HVの硬さの位置までの距離で定義され、有効硬化層深さに相当する。

歯底部24における硬化層25の有効深さdが1.5mmを超える場合には、高い衝撃を受けたときに、ラックバー8の長手方向の中間部の1箇所で局部的に屈曲して「く」の字状に曲がる傾向にあり、その結果、ラックバー8上をピニオン7aが移動できなくなるおそれがある。一方、硬化層25の有効深さdが0.1mm未満では、ラック歯8aの歯元付近の曲げ強度が不足するおそれがある。

### 【0023】

そこで、歯底部24での硬化層25の有効深さdを0.1～1.5mmの範囲とすることで、ラック歯8aの歯元曲げ強度を確保しつつ大荷重負荷時にラックバー8全体が緩やかに曲がるようにし、非常時のステアリング性能を確保するようしている。歯底部24での硬化層25の有効深さdは、より好ましくは0.3～1.2mmである。

通例、ラック歯8aはD/4程度の深さに形成されている。また、本体21の周面20aにおいて、ラック歯形成部22と直径方向の反対側にある背部部26の表面からの深さが(3/4)Dの部分27[(3/4)D部27ともいう)で、焼戻しペイナイト組織と焼戻しマルテンサイト組織の合計の面積百分率が30～100%であって、再生パーライト組織が面積百分率で0～50%であり、且つ焼戻しペイナイト組織、焼戻しマルテンサイト組織および再生パーライト組織の合計の面積百分率が50～100%であるように設定されている。これは、ラックバー8の切断面の電子顕微鏡写真により観察することができる。なお、上記

の丸棒の直径Dは、20～40mm程度、好ましくは20～38mm、さらに好ましくは20～36mm程度である。

#### 【0024】

また、上記歯底部24の表面から0.1mm深さまで残留フェライトが発生していないことが好ましい。残留フェライトが発生していると、局部的に強度を低下させるおそれがあるので、これを排除するためである。

次いで、本ラックバー8の製造方法について説明する。まず、炭素含有量が0.50～0.60質量%の鋼からなる中実（場合によって中空）の丸棒を、図3に示すように、780°C以上の加熱温度T1に加熱し、水冷にて室温まで制御冷却することによって、焼入れする。加熱温度T1を780°C以上とするのは、残留フェライトを抑制するためである。加熱温度T1としては、好ましくは800°C以上である。なお、加熱温度T1の上限は、通常860°C、好ましくは850°C程度である。

#### 【0025】

上記の制御冷却では、上記の（3/4）D部27でのベイナイト組織およびマルテンサイト組織の合計が30%（面積百分率）以上、好ましくは40%（面積百分率）以上、さらに好ましくは50%（面積百分率）以上になるように行う必要がある。このような制御冷却の条件は、鋼の組成などに応じて適宜設定できるが、例えば、温度800～300°C（好ましくは750～350°C）程度の領域を、冷却速度30～80°C/秒（好ましくは40～70°C/秒）で冷却するのが好ましい。

#### 【0026】

このようして得られたベイナイト組織やマルテンサイト組織が導入された一次中間体は、昇温過程を含めて20分以下の処理時間tで焼戻し処理を実施し、室温まで空冷する。焼戻し処理に使用する炉の雰囲気温度T2は660°C以上とされる。炉の雰囲気温度T2を660°C以上とすれば、20分以下の短時間の焼戻しであっても、焼戻しされた二次中間体のピッカース硬さを低減でき（例えば320HV以下にすることができ）、後に平坦部21やラック歯形成部22を加工するときの切削加工性を高めることができる。なお、炉の雰囲気温度T2は

好ましくは680～700°Cである。

#### 【0027】

焼戻しの処理時間  $t$  を20分以下とするのは、製造コストを低減するためである。焼戻しの処理時間  $t$  としては、好ましくは15分以下に設定される。

上記の(3/4)D部27で、焼戻しペイナイト組織と焼戻しマルテンサイト組織の合計の面積百分率が30～100%であって、再生パーライト組織が面積百分率で0～50%であり、且つ焼戻しペイナイト組織、焼戻しマルテンサイト組織および再生パーライト組織の合計の面積百分率が50～100%となるよう、焼き戻後の組織を制御するためには、上記の焼戻し条件(660°C以上、20分以内)の範囲内で、焼戻し温度が高過ぎたり焼戻し時間が長過ぎたりしないことが好ましい。焼戻し温度が高過ぎたり焼戻し時間が長過ぎたりすると、制御冷却によって導入したペイナイト組織およびマルテンサイト組織の面積百分率が低減し易くなり、かつパーライト組織が再生し易くなり、曲げ特性が低下してしまうからである。

#### 【0028】

このように焼戻し処理により得られた二次中間体に引抜き加工、その後、当該二次中間体の周面の一部にフライス加工を施すことにより、平坦部21を形成し、この平坦部21にプローチ加工を施すことにより、複数のラック歯8aを含むラック歯形成部22を形成する。次いで、ラック歯形成部22に、例えば加熱時間5.5秒、水冷による冷却時間10秒の高周波焼入れを施した後、例えば170°Cで1.5時間の条件で焼戻し処理を実施し、ラック歯形成部22の表面でピッカース硬さで680～800HVを達成し、ラックバー8を形成する。

#### 【0029】

このようにして得られラックバー8では、上記した如く、ラック歯8aとして必要な耐摩耗性と必要な曲げ強度を確保することができる。また、(3/4)D部27に残存する焼戻しペイナイト組織と焼戻しマルテンサイト組織がクラックの内部への伝搬を防止することで、ラックバー8が2分割して割れるような破損を防止することができる。

しかも、歯底部24の硬化層25の有効深さdを歯底部24の表面から0.1

～1.5 mmとすることで、歯元曲げ強度を確保しつつ大荷重負荷時にラックバー全体が緩やかに曲がるようにし、非常時のステアリング性能を確保することが可能となる。

### 【0030】

#### 【実施例】

以下、実施例を挙げて本発明をより具体的に説明する。

#### 実施例

C含有量0.53質量%、Si含有量0.23質量%、Mn含有量0.8質量%、S含有量0.018質量%、Cr含有量0.30%、B含有量0.015%である鋼材を用いて、圧延によって直径30mmの棒鋼にした後、加熱温度780°Cに加熱し、次いで室温まで制御冷却した。冷却した棒鋼は、雰囲気温度660°Cに加熱した炉に15分滞留させることによって焼戻しした。焼戻し後の棒鋼は放冷した。より好ましくは、上記加熱温度は820°Cであり、焼戻し時の雰囲気温度は690°Cである。

### 【0031】

このようにして得られた棒鋼を引抜き加工して直径27.5mmにした後、切削加工により平坦部21を形成し、該平坦部21にラック歯8aを形成してラック歯形成部22とした。次いで、ラック歯形成部22に加熱時間5.5秒、水冷による冷却時間10秒の高周波焼入れを施した後、170°Cで1.5時間の条件で焼戻し処理を実施し、ラック歯形成部22に硬化層25を設けて、実施例のラックバーを製造した。

### 【0032】

実施例では、ラック歯形成部22の表面硬さが710HVである。ラック歯形成部22の背面部26の表面からの深さ(3/4)D部27で、焼戻しペイナイト組織と焼戻しマルテンサイト組織の合計の面積百分率が90%であって且つ再生ペライド組織が面積百分率で0%である。ラック歯形成部22の歯底部24の硬化層25の有効深さdが歯底部24の表面から0.7mmである。

#### 比較例

C含有量0.46質量%、Si含有量0.19質量%、Mn含有量0.86質

量%、S含有量0.053質量%、Cr含有量0.13質量%であって、Bを含むしない鋼材を用いて、圧延によって棒鋼に形成した後、加熱温度850°Cに加熱し、次いで室温まで冷却した。冷却した棒鋼は、雰囲気温度610°Cに加熱した炉に30分以上滞留させることによって焼戻しした。焼戻し後の棒鋼は放冷した。このようにして得られた棒鋼を用い、以後は実施例と同様にして、比較例のラックバーを製造した。

### 【0033】

比較例では、ラック歯形成部に通常の高周波焼入れ、焼戻しが施される。ラック歯の表面硬さが650HVである。(3/4)D部で焼戻しベイナイト組織と焼戻しマルテンサイト組織の合計の面積百分率が70%であって且つ再生ペーライト組織が面積百分率で20%である。歯底部の硬化層の有効深さが歯底部の表面から0.3mmである。

これら実施例および比較例を各々2個用いて以下の試験を実施した。

#### 正入力静的破壊試験

図4に示すような試験装置を用いた。実施例のラックバー8ないし比較例のラックバーをハウジング17に組み込み、ハウジング17の両端をそれぞれ固定支柱31に固定した。中立位置にてラックバー8を固定し、ピニオン軸7に連結したロータリーアクチュエータ32からピニオン軸7に駆動トルクを与えた。駆動トルクを増大させていき、破壊に至らせた。

### 【0034】

ラックバーに亀裂が発生するときの荷重は実施例が305Jであるのに対して、比較例が188Jであり、実施例の破壊強度が比較例の破壊強度と比較して、約62%増であることが判明した。

#### 逆入力静的破壊試験

図5に示すような試験装置を用いた。実施例のラックバー8ないし比較例のラックバーをハウジング17に組み込み、ハウジング17の両端をそれぞれ固定支柱31にマウントラバー33を介して固定した。ピニオン軸7をジョイント34を介して中立位置に固定し、ラックバー8の端部を負荷シリンダ35によりロードセル36を介して押し、亀裂発生音を確認するまで荷重を負荷した。ロードセ

ル36に接続された動歪み計37の出力をレコーダ38に記録した。

### 【0035】

その結果、実施例の亀裂発生荷重が平均で92N・mであるのに対して、比較例の亀裂発生荷重が平均で51N・mであり、実施例の破壊強度が比較例の破壊強度と比較して、約80%増であることが判明した。

### 逆入力衝撃破壊試験

図6に示すような試験装置を用いた。実施例のラックバー8ないし比較例のラックバーをハウジング17に組み込み、ハウジング17の両端を固定支柱39に固定された一対の固定アーム40に固定した。ハウジング17はピニオン軸7に近い側の端部が上になるように立てて配置する。ピニオン軸7は中立位置で固定支柱41に固定する。ピニオン軸7に近い側のラックバー8の端部に受け部材42を固定した。

### 【0036】

受け部材42の上方には、ガイドバー43により上下動自在に支持された重錘44が設けられ、この重錘44の下部にはロードセル45が固定されている。ロードセル45を固定した重錘44の重さは100Kgであり、ロードセル45と受け部材42との距離を20cmとして、重錘44およびロードセル45を落下させて受け部材42に衝突させ、破損に至るまでの落下回数を調べた。

ロードセル45に動歪み計46を接続し、動歪み計46の出力を電磁オシロスコープ47に記録した。

### 【0037】

試験の結果、比較例が平均で3回で破壊に至ったのに対して、実施例は平均で15回で破壊に至った。実施例の逆入力衝撃強度が比較例よりも格段に優れていることが実証された。

### 曲げ強度試験

図7に示すような試験装置を用いた。実施例のラックバー8ないし比較例のラックバーをハウジング17に組み込み、ハウジング17の両端をそれぞれ固定支柱48に固定した。ラックバー8をピニオン軸に近い側のハウジング17の端部から最大限突出させた状態で、ラックバー8の先端に固定した受け部材49を負

荷シリングダ50によりロードセル51を介して押し、ラックバー8に最大負荷が得られるまで曲げ荷重を負荷した。

### 【0038】

ロードセル51に接続された動歪み計52の出力を荷重計53に導き、荷重を測定した。その結果、最大負荷荷重は、実施例が8.6KNであり、比較例は7.4KNであった。これにより、実施例は比較例として比較して約16%増の曲げ強度を持つことが確認された。また、双方とも、破断することなく「曲がる」ことが確認された。

### 正入力耐久試験

図8に示すような試験装置を用いた。実施例のラックバー8ないし比較例のラックバーをハウジング17に組み込み、ハウジング17の両端をそれぞれ固定支柱54に固定した。ラックバー8の両端にそれぞれサーボアクチュエータ55を連結した。ピニオン軸7にジョイント56およびトルクメータ57を介してロータリーアクチュエータ58を接続し、該ロータリーアクチュエータ58によりピニオン軸7に駆動トルクを与える。駆動トルクは50N·mとし、周波数0.1～0.2Hzにて繰り返し回数を3万回とした。

### 【0039】

試験終了後、ピニオンへの噛み合い部分の摩耗量を測定したところ、実施例が平均8.7μmであるのに対して、比較例が平均27.8μmであり、実施例は比較例よりも約70%摩耗量が減少することが実証された。

### 逆入力耐久試験

図9に示すような試験装置を用いた。実施例のラックバー8ないし比較例のラックバーをハウジング17に組み込み、ハウジング17の両端をそれぞれ固定支柱59に固定した。ピニオン軸7をジョイント60を介して中立位置に固定し、ピニオン軸7に近い側のラックバー8の端部に連なるタイロッド9を介して、サーボアクチュエータ61からのラックバー8に軸力を負荷した。ラックバー8に負荷される軸力を9.8kNとし、周波数5Hzにて破損に至るまで実施した。

### 【0040】

その結果、比較例は35万回で破損に至ったのに対して、実施例は70万回に

ても破損に至らなかった。

### 曲げ疲労試験

実施例と同様の素材にて図10 (a) に示す試験片62を作成した。試験片62は、全長Lが90mmのほぼ丸型の軸である。試験片62の一端62aから距離Nが40mmの位置を中心として、くびれ部65をR5の断面湾曲を持って形成する。くびれ部65の最小直径Rは8mmである。くびれ部65を挟んで一端62a側が直径Pが12mmである円柱部63となっている。また、くびれ部65を挟んで他端62b側が他端62b側にいくに従って次第に拡径する1/20テープのテープ部64となっている。テープ部64の最大直径Qは14mmである。比較例についても同様の比較片を作成した。

#### 【0041】

試験片62ないし比較片の曲げ疲労試験を、図10 (b) に示す試験装置を用いて実施した。試験片62の一端62aから距離Mが50mmまでの部分を片持ち状に突出させる状態にて、残りのテープ部64を固定支柱66のテープ状の支持孔67に固定した。固定された試験片62の一端62a付近に転動ローラ68を介して負荷シリンダ69によって周波数20Hzで曲げ荷重を繰り返し負荷し、応力と繰り返し回数を測定して、S-N曲線を求めた。

#### 【0042】

試験の結果、S-N曲線の平滑化部分（応力が収束する部分）において、比較片の応力が1270MPaであるのに対して、試験片62の応力が1450MPaであり、疲労強度が約15%向上することが実証された。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

本発明の一実施の形態のラックバーを含む電動パワーステアリング装置の概略構成を示す模式図である。

##### 【図2】

図2 (a) は、ラックバーの一部破断側面図であり、図2 (b) は図2 (a) のb-b線に沿う断面図である。

##### 【図3】

熱処理時の時間と温度の関係を示すグラフ図である。

【図4】

正入力静的破壊試験の試験装置の概略図である。

【図5】

逆入力静的破壊試験の試験装置の概略図である。

【図6】

逆入力衝撃試験の試験装置の概略図である。

【図7】

曲げ強度試験の試験装置の概略図である。

【図8】

正入力耐久試験の試験装置の概略図である。

【図9】

逆入力耐久試験の試験装置の概略図である。

【図10】

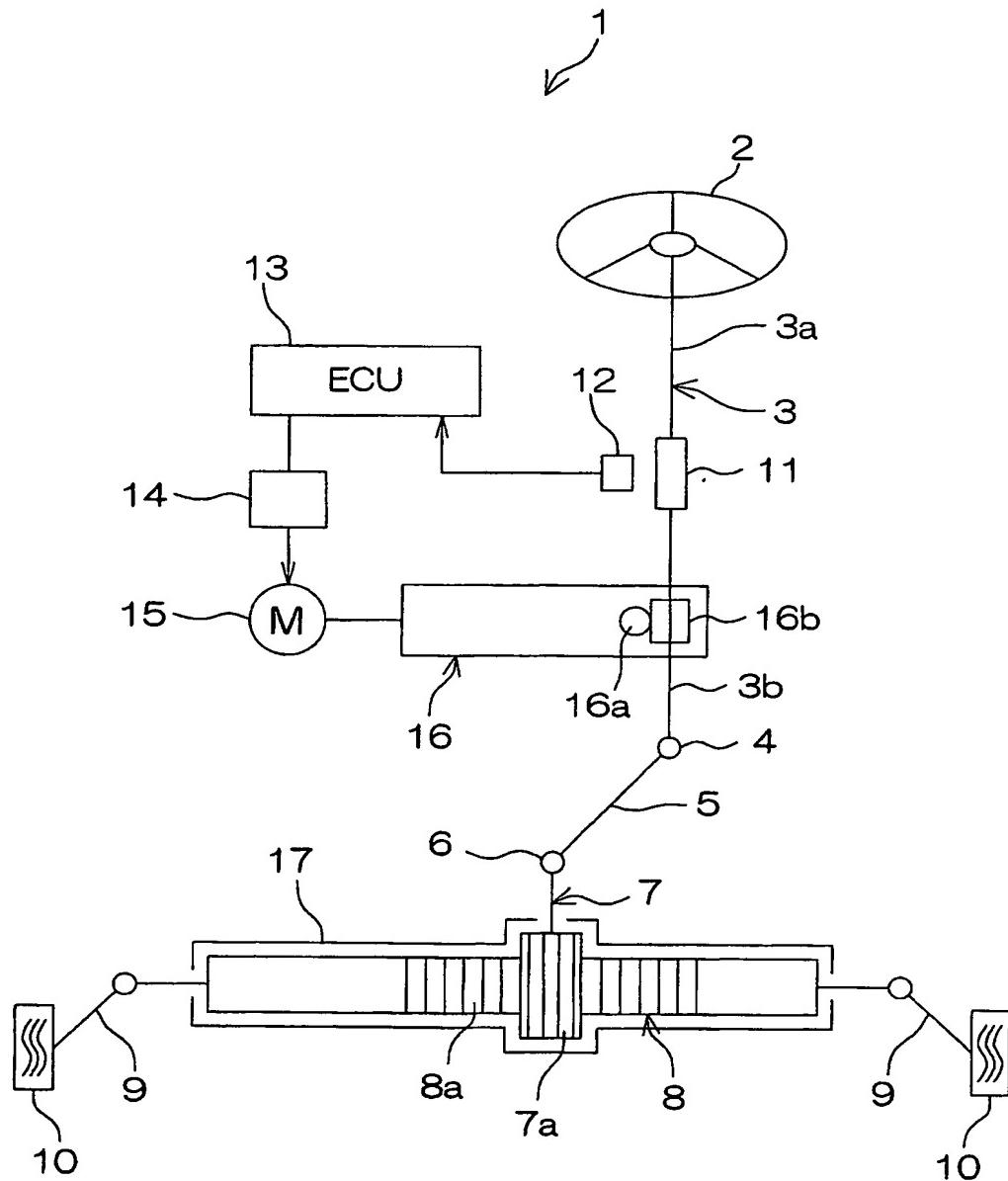
図10 (a) は試験片の概略側面図であり、図10 (b) は曲げ疲労試験の試験装置の概略図である。

【符号の説明】

- 1 電動パワーステアリング装置 (E P S)
- 2 操舵部材
- 3 ステアリングシャフト
- 3 a 入力軸
- 3 b 出力軸
- 5 中間軸
- 7 ピニオン軸
- 7 a ピニオン
- 8 ラックバー
- 8 a ラック歯
- 11 トーションバー
- 12 トルクセンサ

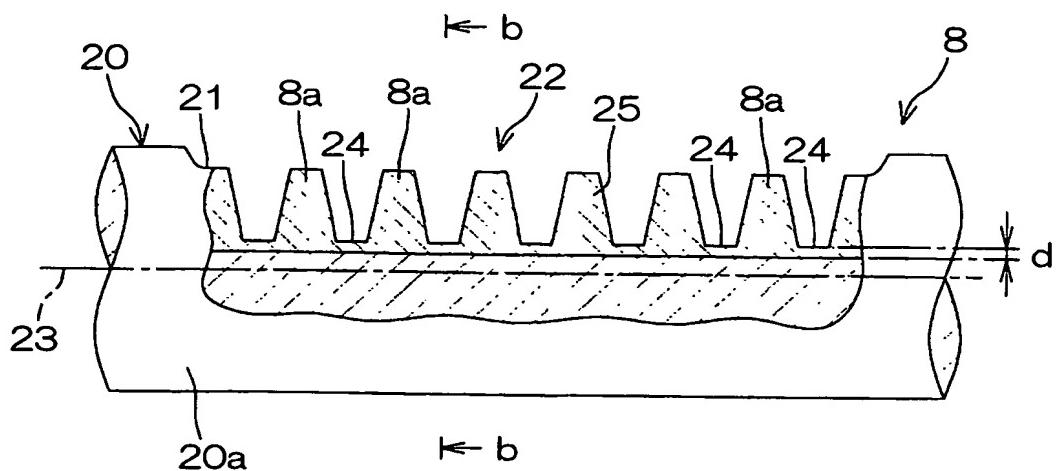
- 1 3 E C U
- 1 5 電動モータ
- 1 6 減速機構
- 2 0 本体
- 2 0 a 周面
- 2 1 平坦部
- 2 2 ラック歯形成部
- 2 3 軸線
- 2 4 歯底部
- 2 5 硬化層
- 2 6 背面部
- 2 7 (3/4) Dの部分 [(3/4) D部]
- 6 2 試験片
- D 直径
- d 有効深さ

【書類名】 図面  
【図1】

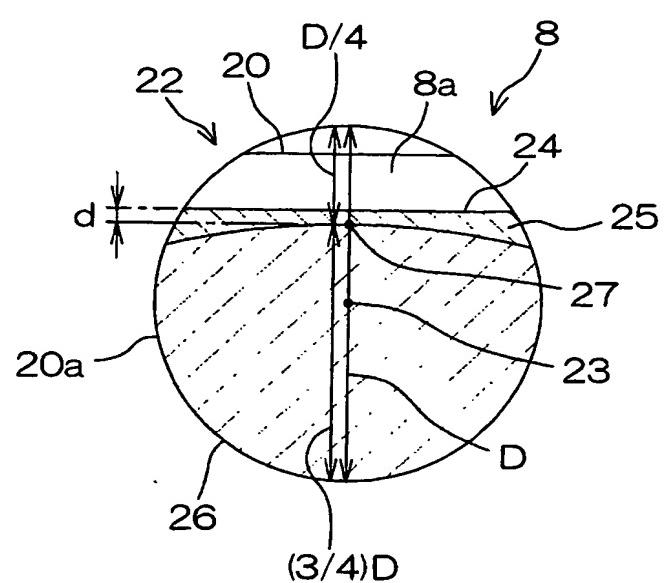


【図2】

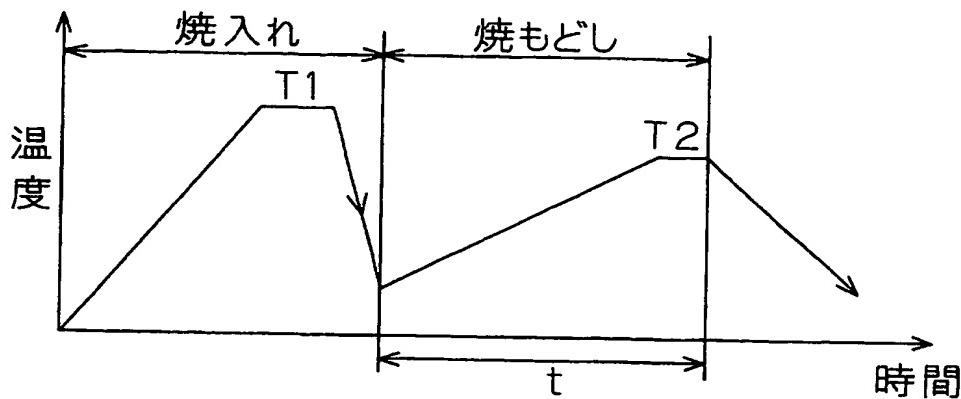
(a)



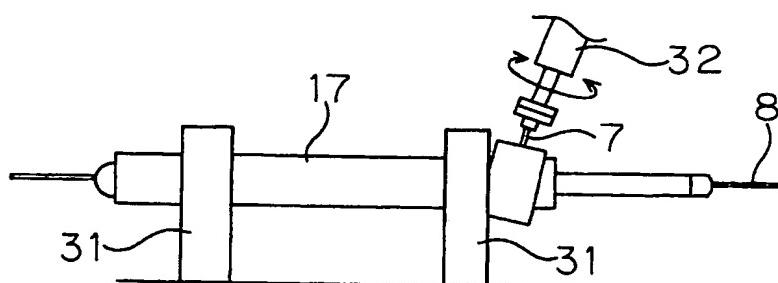
(b)



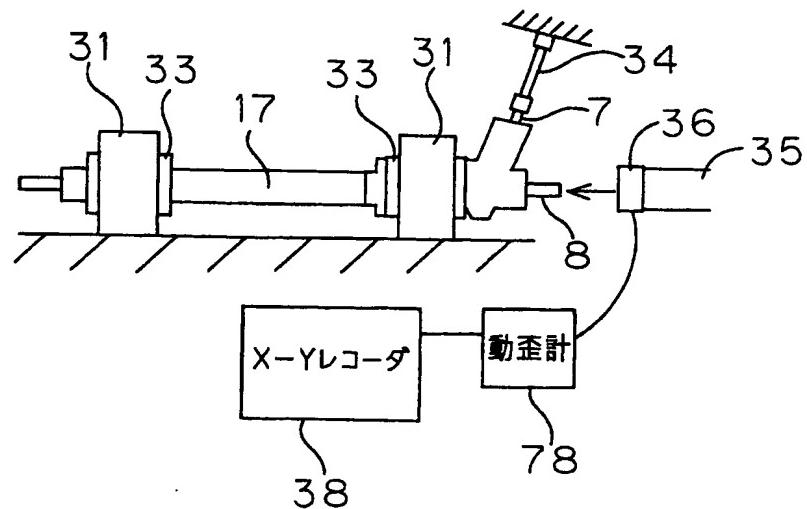
【図3】



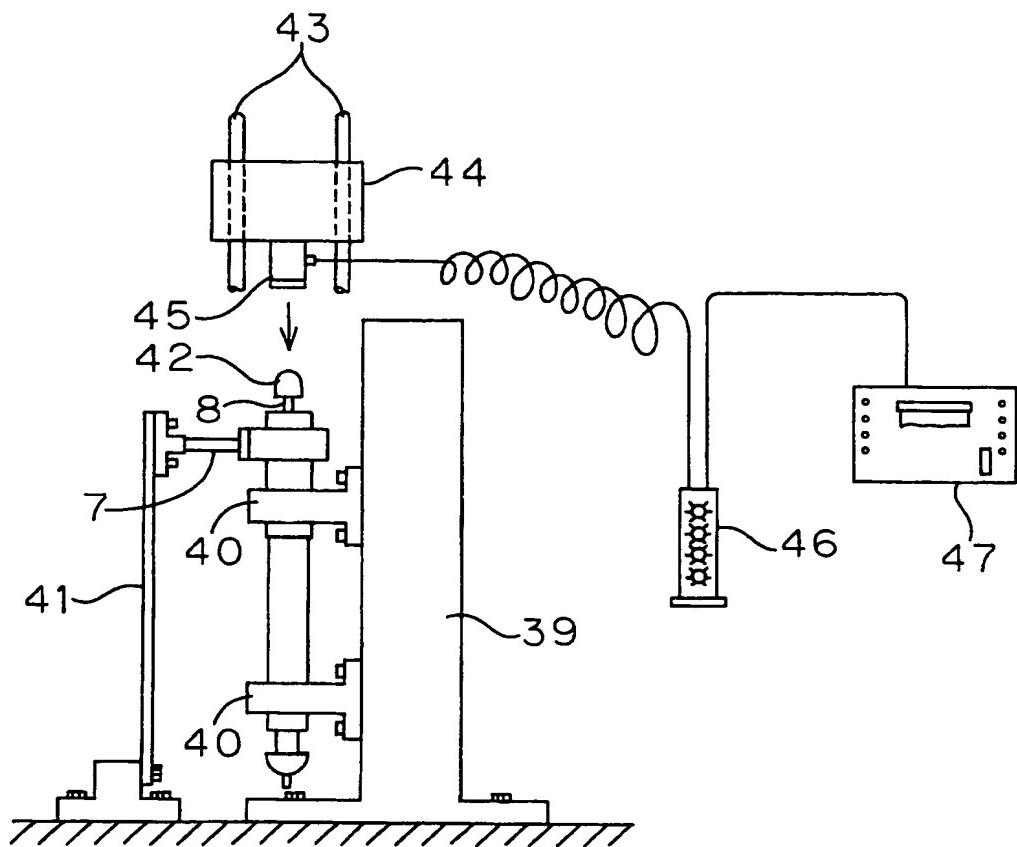
【図4】



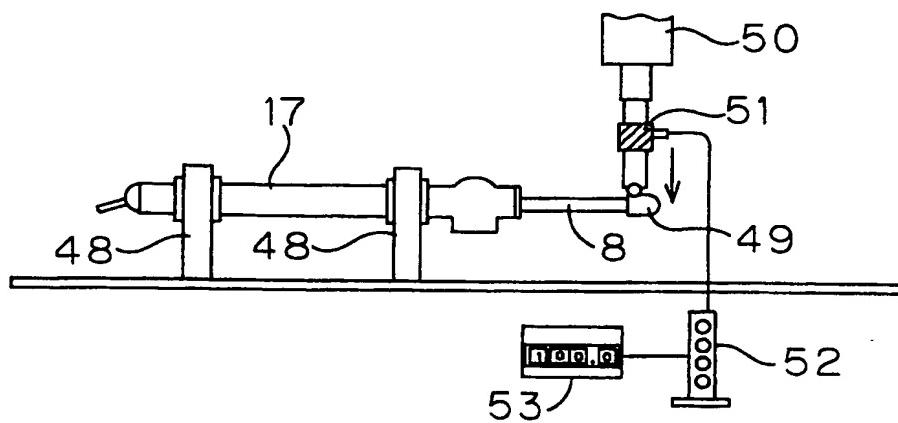
【図5】



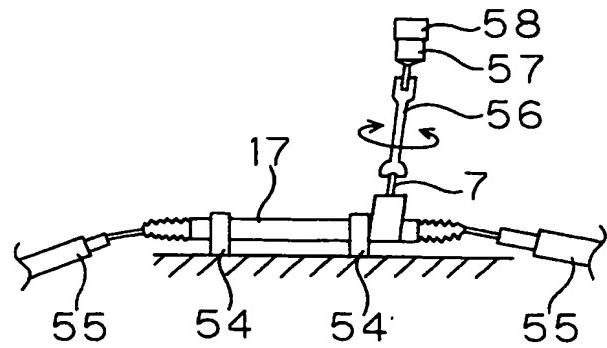
【図6】



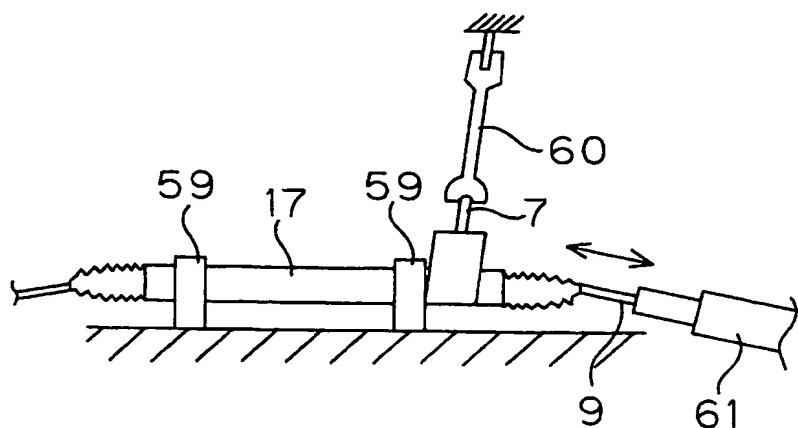
【図7】



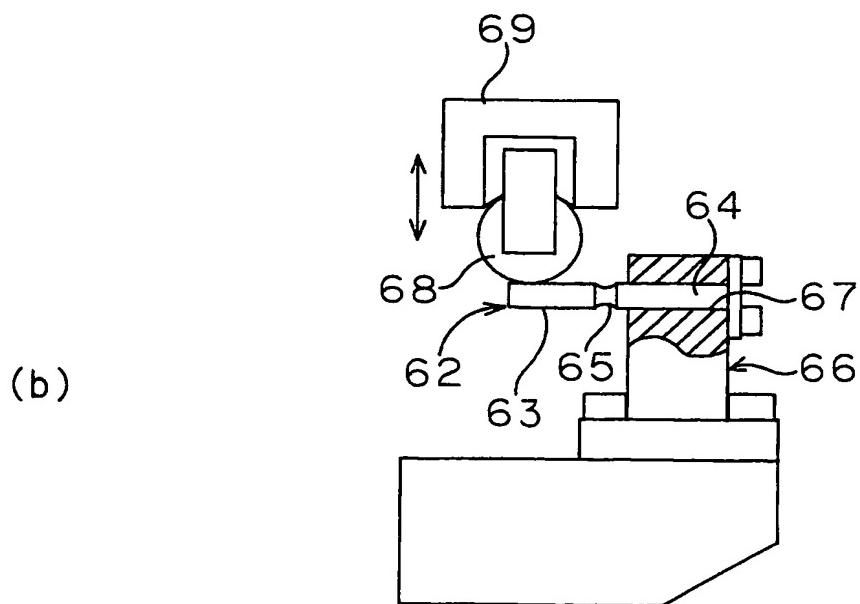
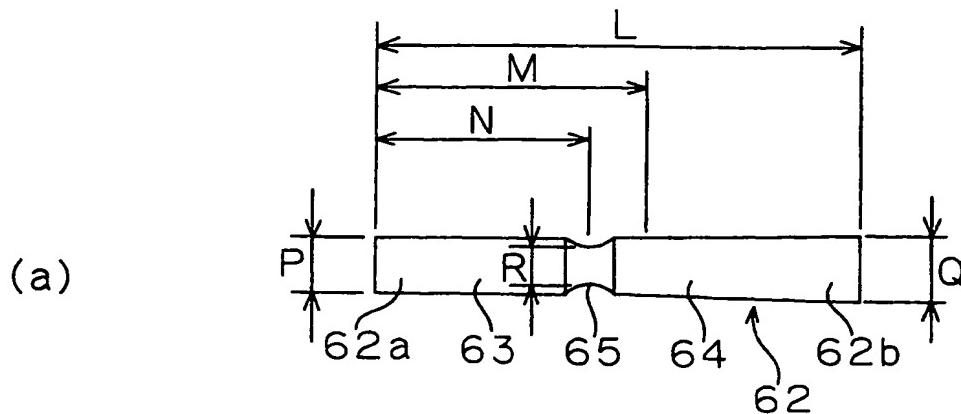
【図8】



【図9】



【図10】



【書類名】要約書

【要約】

【課題】 安価で曲げ変形能に優れ、ステアリング装置に好適に用いることができるラックバーを提供すること。

【解決手段】 焼入れ及び短時間焼戻しが施された鋼を用いて形成された直径Dの丸棒状の本体20にラック歯形成部22を加工する。鋼の炭素含有量が0.50～0.60質量%である。ラック歯形成部22に高周波焼入及び焼戻しを施して硬化層25を設ける。ラック歯形成部22の表面硬さが680～800HVである。ラック歯形成部22の背部26の表面からの深さが(3/4)Dの部分27で、焼戻しベイナイト組織と焼戻しマルテンサイト組織の合計の面積百分率が30～100%で且つ再生パーライト組織が面積百分率で0～50%である。焼戻しベイナイト組織、焼戻しマルテンサイト組織及び再生パーライト組織の合計の面積百分率が50～100%である。

【選択図】 図2

## 認定・付与印青幸良

特許出願の番号	特願2003-157029
受付番号	50300918610
書類名	特許願
担当官	工藤 紀行 2402
作成日	平成15年 6月19日

## &lt;認定情報・付加情報&gt;

## 【特許出願人】

【識別番号】	000001247
【住所又は居所】	大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号
【氏名又は名称】	光洋精工株式会社

## 【特許出願人】

【識別番号】	000001199
【住所又は居所】	兵庫県神戸市中央区脇浜町二丁目10番26号
【氏名又は名称】	株式会社神戸製鋼所

## 【代理人】

【識別番号】	100087701
【住所又は居所】	大阪市中央区南本町4丁目5番20号 住宅金融 公庫・住友生命ビル あい特許事務所
【氏名又は名称】	稻岡 耕作

## 【選任した代理人】

【識別番号】	100101328
【住所又は居所】	大阪市中央区南本町4丁目5番20号 住宅金融 公庫・住友生命ビル あい特許事務所
【氏名又は名称】	川崎 実夫

次頁無

特願 2003-157029

出願人履歴情報

識別番号 [000001247]

1. 変更年月日 1990年 8月24日

[変更理由] 新規登録

住所 大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号  
氏名 光洋精工株式会社

特願2003-157029

出願人履歴情報

識別番号

[000001199]

1. 変更年月日

2002年 3月 6日

[変更理由]

住所変更

住 所

兵庫県神戸市中央区脇浜町二丁目10番26号

氏 名

株式会社神戸製鋼所